第38卷 第2期 昆虫学报 Vol. 38, No. 2
1995年5月 ACTA ENTOMOLOGICA SINICA May, 1995

棉铃虫性外激素分泌腺的研究*

张善干 张玉华 任世珍 陈德明
(中国科学院动物研究所 北京 100080) (北京大学生物学系 北京 100871)

摘要 棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 雌蛾的性外激素分泌腺是一个完整的上皮环，位于第八、九腹节之间。羽化2天雌蛾的腺体细胞方形，比未分化的上皮细胞大。腺体折皱，表面密布小毛，小毛无孔。表皮可分二层：上表皮和内表皮。上表皮致密，较薄，厚度均匀。内表皮厚度有变化，较厚，由12—14层呈螺旋状排列的几丁微丝组成，有上皮丝穿入，构成孔道。顶部细胞膜组成微绒毛，底部细胞膜有内折。细胞质内有粗面内质网、光面内质网、高尔基氏复合体、脂肪滴、糖原及线粒体等细胞器。大的细胞核位于中下部。

关键词 棉铃虫，性外激素分泌腺，组织学，细微结构

实夜蛾属昆虫是世界性害虫，除为害棉花外尚为害玉米、番茄、辣椒、茄、烟草、苜蓿、豆类、向日葵、苋菜、麦等作物。在我国发生的棉铃虫 *Helicoverpa armigera* Hübner 造成棉株蕾铃脱落，使棉花产量降低。

长期使用杀虫剂已造成害虫的抗药性增强。杀虫剂污染环境，对人类的长期药效亦已显现，为了寻找一种不污染环境、高效、安全的新防治手段，开展了棉铃虫性外激素的研究。详细了解性外激素分泌腺是研究其化学通讯系统的基础，因此我们开展了雌蛾性信息素分泌腺的研究。

国外已有一些学者进行了实夜蛾属昆虫雌蛾性外激素分泌腺的研究。Jefferson 等(1968)[1] 用光学显微镜研究了谷实夜蛾 *Helicoverpa zea*、烟芽夜蛾 *Heliothis virescens* 和美国棉铃虫 *Heliothis phloxiphaga* 等雌蛾性外激素分泌腺的形态。Teal 等(1983)[2] 用光镜及扫描电镜对烟芽夜蛾进行了观察。Aubrey 等(1983)[3] 用光镜及扫描电镜观察烟芽夜蛾及谷实夜蛾的分泌腺。尚未见到棉铃虫性外激素分泌腺构造的报道。本文报道棉铃虫雌蛾性外激素分泌腺的位置、组织及分泌细胞的结构。

1 材料和方法

将湖北荆州地区人工饲养的棉铃虫蛹按性别分开保存。雌蛾单养于铁纱笼内。取羽化后二天的雌蛾观察，将其腹部末端剪下，投入固定液。为模拟求偶状态，挤压并结扎腹部，迫使腹部末端外伸，在结扎部位前方剪下腹尖，进行固定。

光学显微镜观察的样品制作法和用于青海草原毛虫及红尾白螟和二点螟的相同[4-5]。

* 国家自然科学基金资助项目。
本文于1992年11月收到。

扫描电镜观察用的样品制作法如下：pH7.2 磷酸缓冲液配制的 2.5% 戊二醛液固定，酒精脱水，临界点干燥，用导电胶粘于样品台上，喷金。制备好的样品用日立 H-3010 型扫描电镜观察。

透射电镜观察用的标本用戊二醛及四氧化锇双固定，丙酮脱水，包埋于 Epon 812 树脂内。用 LKB 超薄切片机切片，按 Reynolds (1963)[6] 法染色，日立 H-300 电镜下观察。

2 结果

2.1 雌蛾的求偶行为

静止时雌蛾的翅呈屋脊状，覆盖腹部，腹部末端套缩于第七腹节内，从腹面仅能看见部分产卵瓣。求偶时两翅由屋脊状改为平伸，平覆于腹上，腹部末端经几次伸缩，露出黄色产卵瓣及其前方呈白色环状物的性外激素(图版 I:1)。如无干扰，可保持此状态数小时，直至破晓。强光或惊扰可使其立即收缩腹端，恢复至静止状态。求偶行为发生于午夜，以 2 时—4.5 时居多。

2.2 雌蛾腹部末端的一般形态

雌蛾腹部 1—7 节被鳞片及毛。第八腹节背板无鳞片及毛，在其后缘有刚毛。第九腹节有二个骨化的产卵瓣，它们在背部正中线相遇，瓣向两侧延伸，但不在腹面相连，瓣上着生许多长短不等的刚毛。第八、九腹节间的节间膜折皱，上面密布乳头状隆起(图版I:2)。

2.3 腺体的组织构造

第八、九腹节间节间膜的上皮细胞特化，由普通的扁平上皮细胞变为方形细胞。在未挤腹尖的矢状切面上，特化的上皮细胞呈二个囊，一个在背部即背囊，位于第八、九背板之间，另一个在腹面即腹囊，位于第八、九腹板之间(图版 I:3)。为模拟求偶状态，挤压腹部，使腹端外伸，在挤压尾端的矢状切面上，可看到囊已外翻，腺体的表皮已指向外(图版 I:4)。通过分泌腺的横切面，表明它是一个完整的环状结构，在未挤腹部末端的横切面上，分泌腺呈双层环状结构，位于第七腹节的表皮下方，两层细胞间有空隙，细胞的表皮都指向内腔(图版 I:5)。在挤压腹部末端(模拟求偶状态)的横切面上，分泌腺呈单层，腺体细胞排列于体表，表皮指向外(图版 I:6)。

因此，分泌腺是由特化的上皮细胞集合而成的环状结构，位于第八、九腹节间的节间膜上，完整地环绕腹节。雌蛾静止时，它随第八、九腹节一起嵌缩于第七腹节内。求偶时，腹部末端外伸，它也由折展开，腺体细胞表皮外露，进行性外激素的释放。

2.4 腺体细胞

腺体细胞呈方形，腺体边缘处细胞高度降低(图版 I:3)。

细胞顶端覆盖几丁质表皮，表皮表面并不平整，有乳头状隆起，隆起中央有细毛，顶端无孔(图版 II:8)。在光镜下表皮分两层，外层着色深，厚度均匀，较薄。内层着色浅，较厚，厚度有变化，在乳头状隆起处增厚(图版 II:7)。电镜下外层致密，在乳头状隆起处上表皮微丝排列构成管道状结构 (图版 II:9)。这种结构终止于外层，不和外界直接沟通。内层分层，有 12—14 层，每层由呈螺旋状排列的微丝构成(图版 II:10)。

细胞膜明显可见，顶端的细胞膜皱折，形成微绒毛。侧膜明显，在上部 1/3 处，两相邻

细胞的侧膜紧密联接，下部的侧膜分离。底部的细胞膜有皱折(图版 II:11)。

细胞质内有丰富的粗面内质网，光面内质网的数量较少。内质网间分布许多大小不等的脂肪滴。脂肪滴遍布于细胞内，在细胞核至微绒毛的顶区内较多，内有数量不等的无定形物质(图版 II:11, 12)。细胞质内还有线粒体、核糖体及高尔基氏复合体等细胞器。

细胞核呈椭圆形，边缘不整齐，由双层核膜包围，内有丰富的染色质(图版 II:11)。细胞核位于细胞底部。

3 讨论

棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 的性外激素分泌腺是由第八、九腹节间的节间膜特化而成，是一个完整的环状上皮结构。类似的结构曾发现于枯叶蛾科的森林天幕毛虫 *Malacosoma disstria*[7]、斑螟科一种干果螟 (*Vitula edmandsae*)[8]、实夜蛾属的谷实夜蛾 *Helicoverpa zea* 及美国棉铃虫 *Heliothis phloxiphaga*[1] 等昆虫中。近属的谷实夜蛾 *Heliothis virescens* 的性外激素分泌腺已被不同实验室的科学家分别研究，得到了不同的结果，Jefferson 等 (1968)[1] 和 Aubrey 等 (1983)[3] 认为是一个完整的上皮环，位于第八、九腹节的节间膜上。Teal 等 (1983)[2] 认为由二部分构成：第八、九腹节间节间膜的腹侧部分及位于背产卵瓣的柱形细胞和管状刚毛相连的毛原腺。

性外激素由哪种细胞器产生是一个还不清楚的问题。一般认为光面内质网与性外激素的产生有关。 Miller 等 (1977)[9] 研究了红带卷叶蛾 *Argyrotaenia velutinana* 蛹及蛾龄和性外激素分泌腺超微结构及性外激素滴度的关系，发现蛹期粗面内质网占优势。羽化时，出现光面内质网，此时可提取出性外激素。随着蛾龄的增长，光面内质网增多，脂肪滴的数量及性外激素滴度也增多。类似情况亦可见于东纵色卷叶蛾 (*Choristoneura fumiferana*)[10]。棉铃虫腺体细胞的细胞质内有丰富的粗面内质网，光面内质网的数量较少，可能和我们取的蛾龄有关。

参　考　文　献

1 Jefferson, R. N., H. H. Shorey, R. E. Rubin, Sex pheromones of Noctuid Moths. XVI. The morphology of the female sex pheromone gland of eight species. Ann. Entomol. Soc. Am., 1968, **61** (4):861—865.

2 Teal, P. E. A., T. C. Carlysle, J. H. Tumlinson, Epidermal glands in terminal abdominal segments of female *Heliothis virescecs* (F.) (Lepidoptera:Noctuidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 1983, **76**:242—247.

3 Aubrey, J. G., H. B. Boudreaux, M. L. Grodner, A. M. Hammond, Sex pheromone-producing cells and their associated cuticle in female *Heliothis zea* and *H. virescens* (F.) (Lepidoptera:Noctuidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 1983, **76**,343—348.

4 张善干，张玉华，陈德明，等. 青海草原毛虫性信息素分泌腺的位置及组织学. 动物学报，1988，**34**(2): 101—104.

5 张善干，张玉华，陈德明，等. 红尾白螟和二点螟性外激素分泌腺的形态构造. 昆虫学报，1989，**32**(1): 80—82.

6 Reynolds, E. S., The use of lead citrate at high pH as electronopaque stain in electron microscopy. J. Cell Biol., 1963, **17**:298—313.

7 Percy, J. E., J. W. Weatherston, Study of physiologically active arthropod secretions. IX. Morphology and histology of the pheromone-producing glands of some female Lepidoptera. Can. Ent. 1971, **103**:1733—1739.

8 Weatherston, J. W., J. E. Percy Studies of Physiologically active arthropod secretions. I. Evidence for a sex pheromone in female *Vitula edmandsae* (Lepidoptera:Phycitidae). Can. Ent., 1968.

100:1065—1070.

9 Miller, J. R., W. L. Roelofs, Sex pheromone titer correlated with pheromone gland development and age in the redbanded leafroller moth, *Argyrotaenia velutinana* Ann. Entomol. Soc. Am., 1977, 70:136—139.

10 Percy, J. E., Ultrastructure of sex-pheromone gland cells and cuticle before and during release of pheromone in female eastern spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Clem.) Can. J. Zool., 1974, 52:695—705.

A STUDY ON THE SEX PHEROMONE-PRODUCING GLAND OF THE COTTON BOLLWORM *HELICOVERPA ARMIGERA* HÜBNER (LEPIDOPTERA:NOCTUIDAE)

Zhang Shangan Zhang Yuhua Ren Shizhen

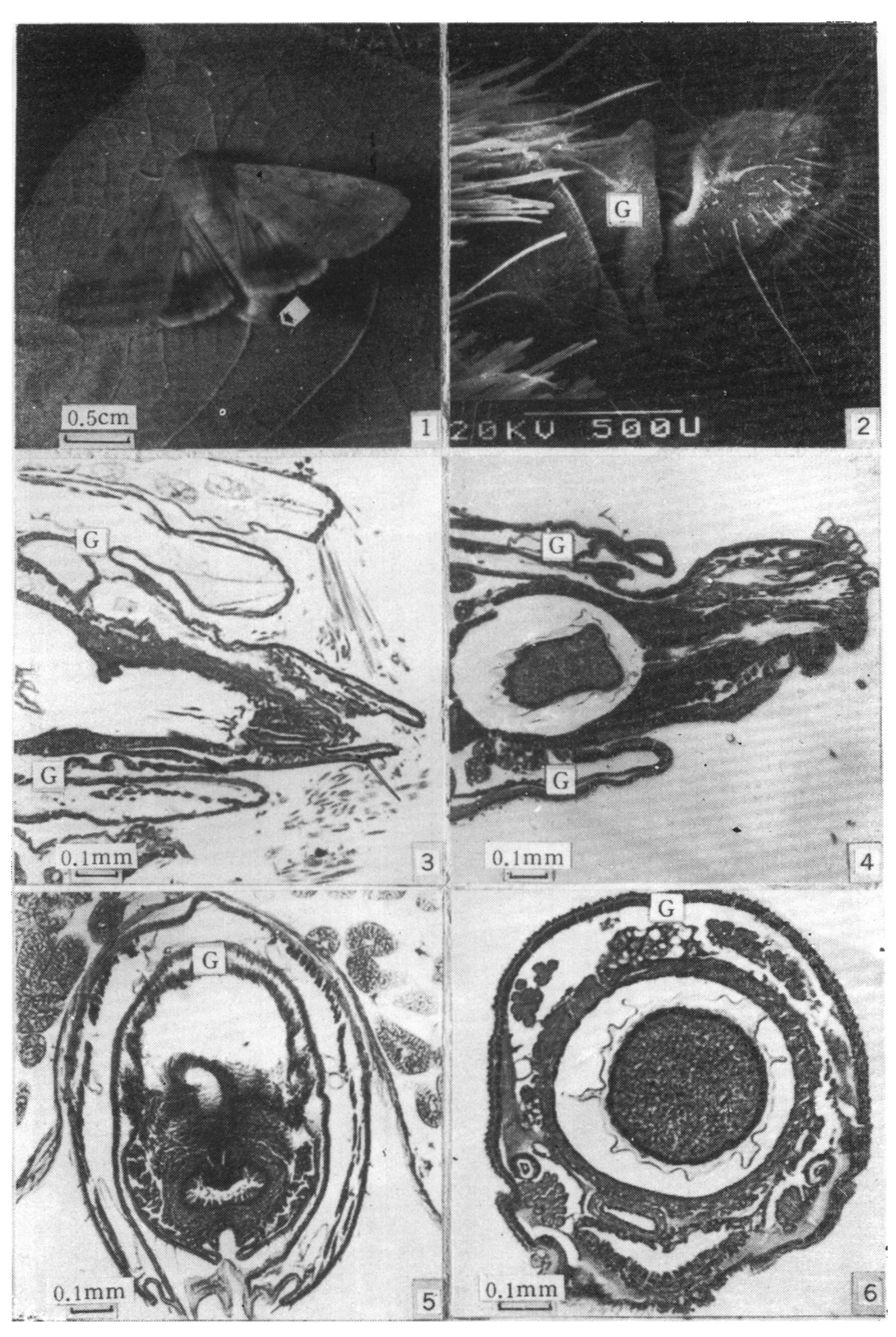
(*Institute of Zoology, Academia Sinica Beijing* 100080)

Chen Teming

(*Department of Biology, Peking University Beijing* 100871)

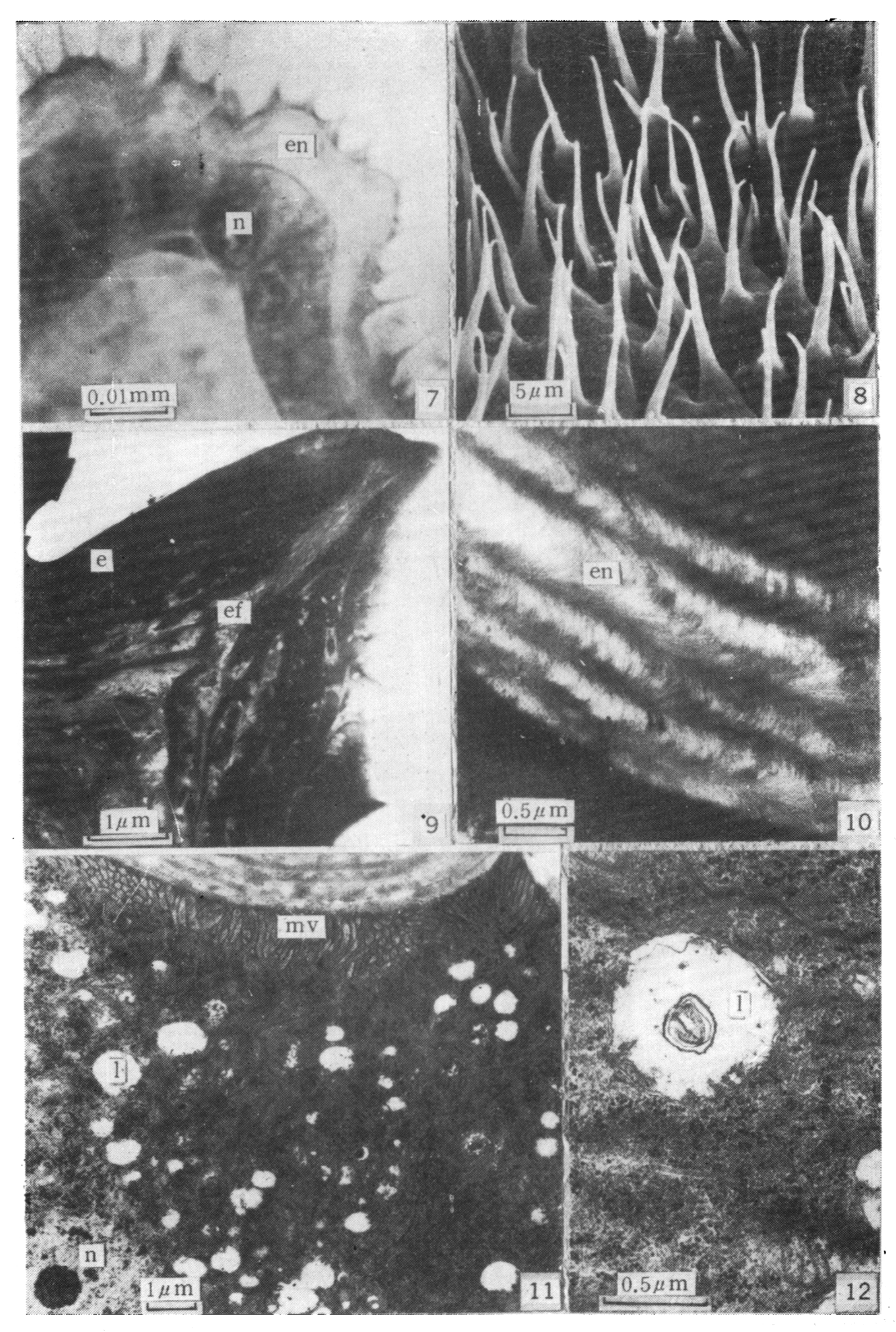
Abstract The sex pheromone-producing gland of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* Hübner is a modified intersegmental membrane as a complete ring of glandular epithelium between the eighth and ninth abdominal segments. The gland cell of 2-day old female moth is cuboidal and larger than the epidermal cell in unmodified intersegmental membrane. It is highly convoluted with a dense scattering microspines without pores on the surface. The cuticle has two layers:epicuticle and endocuticle. The epicuticle is dense and relatively uniform in thickness. The endocuticle varies in thickness and consists of 12—14 lamellae of helicoidally arranged microfibrils on which there are pore canals formed by epicuticular filament. The apical surface of plasma membrane has well-organized microvilli. The basal plasma membrane is also folded. The cytoplasm contains rough endoplasmic reticulum, Golgi complexes, lipid droplets, glycogen deposits, and mitochondria. The large ellipsoidal nucleus is usually in subcentral position.

Key words *Helicoverpa armigera*, sex pheromone gland, histology, ultrastructure



1.雌蛾的求偶行为，箭头指示外伸的尾端； 2.雌蛾尾端侧面观； 3.雌蛾尾端纵切面； 4.雌蛾挤压尾端纵切面； 5.雌蛾尾端横切面； 6.雌蛾挤压尾端横切面。

G 性外激素分泌腺



7.腺体细胞　LM；　8.腺体表面　SEM；　9.腺体表皮　TEM；　10.腺体表皮　TEM；
11.腺体细胞　TEM；　12.腺体细胞　TEM。

e. 上表皮　ef 上表皮丝　en 内表皮　l. 脂肪滴　mv 微绒毛　n 细胞核